Lane Medical Library

Über die quergestreiften Zellen der Thymus.

INAUGURAL-DISSERTATION

WELCHE

ZUR ERLANGUNG DER DOKTORWÜRDE

IN DER

MEDIZIN UND CHIRURGIE

MIT ZUSTIMMUNG

DER MEDIZINISCHEN FAKULTÄT

DER

FRIEDRICH-WILHELMS-UNIVERSITÄT ZU BERLIN

am 30. März 1907

NEBST DEN ANGEFÜGTEN THESEN

ÖFFENTLICH VERTEIDIGEN WIRD

DER VERFASSER

Richard Weissenberg

prakt. Arzt aus Breslau.

OPPONENTEN:

Herr Dr. med. Hallauer.
- Dr. med. Jacobsohn.
- Dr. med. Gutherz.

BERLIN.

Universitäts-Buchdruckerei von Gustav Schade (Otto Francke).

Linienstraße 158.

Gedruckt mit Genehmigung

der

Medizinischen Fakultät der Universität Berlin.

Referent: Prof. Dr. Hertwig.

Dem Andenken meines Vaters

gewidmet.

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/uberdiequergestr0000rich

Aus dem anatomisch-biologischen Institut der Universität Berlin.

Über die quergestreiften Zellen der Thymus.

Von

Richard Weissenberg.

Mit 1 Tafel.

Inhaltsverzeichnis.

Seite

I. Historischer Überblick über die Erforschung der quergestreiften Zellen der Thymus 1
II. Material und Bemerkungen allgemeinerer Art über das Verhalten der Vogelthymus 8
III. Untersuchungsmethoden 9
IV. Die regelmässig quergestreiften bandförmigen Zellen der Hühnerthymus (Typus I) und ihr Vergleich mit quergestreiften Muskelzellen 10
V. Die partiell quergestreiften Zellen (Typus II) und ihr Verhalten zum Retikulum und zu hypertrophischen Markzellen 14
VI. Die quergestreiften Zellen mit zirkulärem Fibrillenverlauf (Typus III) und ihre Beziehung zu den übrigen quergestreiften Thymuszellen 17
VII. Das Verhalten der quergestreiften Thymuszellen in verschiedenen Alters- und Entwicklungsstadien von Gallus domesticus Briss. . 20
VIII. Die Ableitung der quergestreiften Thymuszellen von Myoblasten 24
IX. Indizien für die Genese der Thymusmyoblasten. Der Einschluss von quergestreiften Muskelfasern in die Selachierthymus 28

I. Historischer Überblick über die Erforschung der quergestreiften Zellen der Thymus.

Im Jahre 1888 entdeckte Sigmund Mayer (4) das Vorkommen quergestreifter Zellen in der Thymus. Seine Untersuchungen, die sich auf die Thymus des Frosches bezogen, lieferten den Nachweis, dass grosse, konzentrisch gestreifte Zellen, die seit längerer Zeit bekannt waren und schon die verschiedenartigsten Deutungen gefunden hatten, zum grossen Teile auch eine Querstreifung zeigten. Diese Querstreifung, die Mayer bald mehr bald weniger ausgeprägt fand, fasste er als identisch mit der Struktur quergestreifter Muskelfasern auf. Er deutete die Zellen als eine Abart jener Gebilde, die bei der Rückbildung

quergestreifter Muskelfasern auftreten und die er selbst wenige Jahre zuvor als Sarkolyten beschrieben hatte. Das verschiedenartige Bild, das die fraglichen zwischen die übrigen Thymuszellen eingestreuten Elemente darboten, die grosse Mannigfaltigkeit in der Ausbildung der Querstreifung, das partielle oder auch totale Fehlen dieser Struktur erklärte er durch Umwandlungen der quergestreiften Sarkolyten. Da er keinen Anhaltspunkt sah, die Ursprungsstätte der „myogenen Körper" in die Thymus selbst zu verlegen, so glaubte er, dass diese Elemente sekundär in die Thymus hineingelangt seien.

Im Jahre 1893 stellte Schaffer (9) den Befunden Mayers eine Beobachtung an die Seite, die er bei der Untersuchung der Thymus eines Teleostiers, des Lophius piscatorius, machte. Er beschrieb hier als typisches Vorkommnis „Sarkolyten in den verschiedensten Stadien des Zerfalles."

Handelte es sich bei den bisher referierten Befunden um Elemente, die nicht quergestreiften Muskelfasern als solchen, sondern nur ihren Zerfallsprodukten ähnelten, so gelang es Pensa 1902, in der Thymus von Vögeln und Reptilien Gebilde aufzufinden, die nicht nur in der Prägnanz der Querstreifung, sondern zum Teil auch in der Form sich wohl mit echten Muskelfasern vergleichen liessen.

Pensa (5) beschrieb nämlich bis zu 150 μ lange, schmale, bandförmige Gebilde, die ebenso wie daneben vorkommende runde und spindelförmige Zellen eine prägnante Querstreifung mit Andeutung von Längsstreifung, ja bisweilen eine Aufteilung in quergestreifte Fibrillen erkennen liessen. Bei den langgestreckten Fasern in seitlicher Lage, bei den runden und spindelförmigen Zellen auch im Innern fand sich ein ovaler bläschenförmiger Kern, der an die Kerne quergestreifter Muskulatur erinnerte. Diese Zellen lagen ohne bestimmte Ordnung oder Orientierung inmitten der übrigen Thymuselemente, öfters zu kleinen Gruppen vereinigt, und zwar fanden sie sich hauptsächlich in den peripheren Schichten des Thymusmarkes.

Die quergestreiften Gebilde fand Pensa in erster Linie beim Huhn auf, konnte sie aber auch bei einer ganzen Anzahl anderer Vogelspezies nachweisen. Doch waren die Befunde je nach dem Alter der untersuchten Objekte verschieden. So waren die besprochenen deutlich quergestreiften Zellarten bei erwachsenen

Individuen von Gallus domesticus, Ardea cinerea und anderen im allgemeinen sehr selten. Weit häufiger fanden sich hier kleine Spindel- und Rundzellen, an denen Pensa auch bei noch so sorgfältiger Eisenhämatoxylinfärbung keine deutliche Querstreifung erkennen konnte. Wohl aber zeigten sich in diesen Zellen Körnchen, die an einigen Stellen in bestimmter Weise orientiert und derart angeordnet waren, dass eine Andeutung von Querstreifung sich auch hier ergab. Bei jungen Tieren dagegen, bei Exemplaren von Gallus domesticus, Buteo vulgaris, Ardea minuta im Alter von wenigen Tagen nach dem Ausschlüpfen, sah Pensa nur selten Formen mit undeutlichem Strukturcharakter, häufig dagegen die deutlich quergestreiften Zellen. Namentlich beim Hühnerküken liessen sich Fasern von prägnanter Querstreifung nachweisen, die in langem Zuge das Thymusgewebe durchsetzten.

Bei Reptilien und Amphibien fand Pensa ovale und runde quergestreifte Zellen vorherrschend und konnte bei letzteren noch eine besondere runde Zellart nachweisen, bei der sich die Streifung in radiärer Anordnung um den zentral gelegenen Kern findet — eine Struktur, die einem zirkulären Verlauf quergestreifter Fibrillen entspricht. Pensa identifiziert diese Gebilde mit den einen konzentrischen Bau zeigenden quergestreiften Sarkolyten Mayers. In der Thymus von Säugetieren und vom Menschen fanden sich keine quergestreiften Zellen.

Den Ursprung der fraglichen Elemente suchte Pensa durch embryologische Untersuchungen festzustellen. Beim Hühnchen konnte er am 12. und 13. Bruttage, zu einer Zeit, in der die Skelett-Muskelfasern deutliche Querstreifung aufweisen, in der Thymus keine quergestreiften Zellen entdecken. Ebensowenig war dies bei 14- bis 16tägigen Hühnerembryonen der Fall, wohl aber fand Pensa bei diesen Stadien im Thymusmarke grosse Spindelzellen, die sich intensiv mit Eosin färbten und stets einen oder mehrere ovale Kerne besassen. Am 17. bis 18. Tage begann sich in diesen Zellen die Querstreifung auszubilden. Die Untersuchungen von Embryonen von Lacerta ergaben ähnliche Resultate. Einen Einschluss von ausgebildeter Muskulatur in die Thymus konnte Pensa in keinem Embryonalstadium beobachten. Ebensowenig wiesen seine Befunde auf Blutgefässe als Ursprungsstätten der quergestreiften Zellen hin. Pensa

hielt es für das Wahrscheinlichste, dass es sich um Überreste eines Teiles der aus der Wandung der Kopfhöhlen hervorgehenden Muskulatur handelt, die bei niederen Wirbeltieren zur Kiemendarmmuskulatur wird. Diese Myoblasten sollten auf frühen Embryonalstadien in die Thymusanlage hineingeraten sein und nun im Thymusmarke verteilt sich erst ganz spät als quergestreifte Muskulatur differenzieren.

Für diese im Jahre 1902 als Hypothese ausgesprochene Ansicht lieferte Pensa (6) zwei Jahre später eine Stütze durch eine genaue Studie über die Entwicklung der Froschthymus. Er konnte hier auch unter Anwendung der Rekonstruktionsmethode den Nachweis führen, dass in der Tat ein Bündel der aus der Wandung der Kopfhöhlen hervorgehenden Muskulatur, das später zum Musculus depressor mandibulae gehört, sich in jungen Larvenstadien dicht an die Thymus anlegt, so dass also die Möglichkeit zu einem Einschluss von Myoblasten in die Thymus besteht. Ausserdem enthielt diese Arbeit neue Untersuchungen über die quergestreiften Zellen der Amphibien- und Reptilienthymus. Zwischen den bandförmigen Zellen der Vogelthymus und den Rundzellen der Amphibien, bei denen die Streifung eine radiäre Anordnung um den zentral gelegenen Kern zeigt, war es Pensa nunmehr gelungen, in der Klasse der Reptilien Übergangsbilder zu finden. Er beschrieb hier Rundzellen vom Typus der Amphibien, die zum Teil einen regelmässig quergestreiften bandförmigen Fortsatz zeigten, und folgerte aus diesem Befund, dass beide Zelltypen in dieselbe Gruppe gehören.

Zu einer ganz andern Auffassung der Natur und des Ursprungs der quergestreiften Thymuszellen sollte im Jahre 1905 Hammar (2) kommen. Hatte Pensa die fraglichen Gebilde für echte Muskelzellen gehalten und den Nachweis zu führen versucht, wie sie sekundär in die Thymusanlage hineingeraten sein könnten, so glaubte Hammar im Gegenteil ihren Ursprung in die Thymus selbst verlegen zu müssen. Von den Retikulumzellen, den nach der Ansicht Hammars ein Netzwerk bildenden Epithelzellen der Markschicht, sollten sich die quergestreiften Formen als eine besondere Modifikation hypertrophischer Markzellen ableiten, es sollte hier der einzigartige Fall bestehen, dass Elemente von der Morphologie der quergestreiften Muskulatur aus dem Entoderm hervorgingen.

Dieses Resultat musste um so wunderbarer erscheinen, als Hammar für die Vogelthymus nicht nur den Befund regelmässig quergestreifter Zellen von bandförmiger Gestalt, also das Vorkommen von Gebilden hoher Muskelähnlichkeit bestätigen konnte, sondern sogar bei ihnen in der Lage war, den Vergleich mit echten Muskelzellen bis auf ganz spezielle Struktureinzelheiten wie Zwischen- und Mittelscheiben auszudehnen. Trotzdem hielt Hammar ein Identifizieren der quergestreiften Thymuselemente mit echten Muskelzellen für nicht zulässig, solange es nicht möglich wäre, sich von ihrer Kontraktilität zu überzeugen, und führte dementsprechend für sie den Ausdruck „myoide Zellen" ein, zumal er neben den bandförmigen Elementen quergestreifte Zellen mit augenfälligen Abweichungen vom Aussehen typischer Fasern sowohl betreffs der Form wie des Fibrillenverlaufes fand.

Es handelt sich dabei um runde oder ovale Zellen, die in der Amphibienthymus vorherrschend sind, während sie in der Vogelthymus gegenüber den langgestreckten quergestreiften Formen, neben denen auch spindlige und verzweigte erwähnt werden, zurücktreten. In den ovalen oder runden Zellen beschreibt Hammar Fibrillen von prägnanter Querstreifung, die oft in Bündeln zusammenliegen. Während sie sich im Innern der Zellen vielfach durchflechten, verlaufen sie an der Oberfläche meistens zirkulär, so dass mediane Durchschnitte oft das Bild Cohnheimscher Felder ergeben, die Flächenansicht aber Längsbilder der Fibrillen zeigt. Dass diese Elemente identisch sind mit den Rundzellen der Amphibien, für die Pensa eine radiäre Anordnung der Querstreifen und somit auch einen zirkulären Fibrillenverlauf angibt und ebenso mit den konzentrisch gestreiften Sarkolyten Mayers, halte ich für sehr wahrscheinlich.

Ferner beschreibt Hammar für Amphibien und Vögel runde Zellen mit partieller oder undeutlicher Querstreifung, ähnlich wie Pensa in der Thymus älterer Vögel Formen gefunden hatte, die von unregelmässig lagernden Granula durchsetzt nur an einigen Stellen eine Anordnung der Körnchen im Sinne einer Querstreifung erkennen liessen. Doch ist es hier schwer zu sagen, inwieweit die Befunde der Autoren vergleichbar sind, da Pensas Resultate von Hammar nicht im einzelnen berücksichtigt wurden. Nach Hammar handelt es sich einmal um Rundzellen mit deutlicher Fibrillierung, aber wenig oder gar

nicht hervortretender Querstreifung, zweitens aber um Elemente, bei denen „die quergestreifte Substanz eine mehr kompakte, dunkel färbbare Masse mehr weniger undeutlicher Querstreifung" darstellt und von einer Schicht undifferenzierten Plasmas umgeben wird. Nur die letzte Form wird von Hammar wegen ihrer Sarkolyten ähnelnden Gestalt und weil sie sich bei Involutionsprozessen der Thymus häufiger findet, als rückgebildet aufgefasst. Dagegen werden die erstgenannten Gebilde als Übergangsformen von den myoiden Zellen zu den Retikulumzellen gedeutet. Das Vorkommen von verzweigten, aber gänzlich quergestreiften Formen, ebenso wie das Bestehen feiner protoplasmatischer Verbindungsfäden zwischen einem Teile der myoiden und der Retikulumzellen sollen weitere Beweise für die Genese der quergestreiften Zellen aus dem Markretikulum bilden.

So werden denn die myoiden Zellen von Hammar nur als eine besondere bei Amphibien und Vögeln vorkommende Modifikation der hypertrophischen Markzellen aufgefasst, die schon in frühen Embryonalstadien auftretend den Ausgangspunkt auch für vielkernige Riesenzellen und bei gruppenweiser Vergrösserung der Markzellen für Hassalsche Körperchen bilden. Durch ihre ästige Form und ihre Verbindungen mit den nahe liegenden Elementen des Retikulums erweisen sie sich als diesem angehörig. Neben den Hassalschen Körperchen bleiben bei Säugetieren auch vereinzelte hypertrophische Zellen bestehen, die einen exquisit grobfaserigen Bau und beim Kalb ausnahmsweise undeutliche Querstreifung zeigen, somit also nahe Anknüpfungspunkte an die quergestreiften Zellen der Vögel und Amphibien gewinnen.

In dieser Darstellung Hammars erscheint die Frage unklar, wie sich die regelmässig quergestreiften bandförmigen Zellen, die die höchste Ähnlichkeit mit Muskelzellen darbieten, zu den mit den Retikulumzellen durch Übergänge verknüpften runden Zellformen verhalten. Es wird nur kurz erwähnt, dass die quergestreiften bandförmigen Elemente in manchen Fällen die „Fortsätze rundlicher Zellen" darstellen.

Die ausführliche Thymusarbeit Hammars, die hier nur so weit referiert wurde, als sie auf die quergestreiften Zellen Bezug hat, ist von seiten Pensas (7) nicht ohne Erwiderung geblieben. Noch im selben Jahre (1905) veröffentlichte er eine kurze Entgegnung, in der er folgende Differenzpunkte hervorhebt. Erstens

bilden die Thymusmarkzellen nach Pensa bei Anwendung guter Fixationsmethoden (Flemmingsche und Hermannsche Flüssigkeit) kein Retikulum, sondern liegen ohne Maschenbildung nebeneinander. Zweitens bestehen keine Protoplasmaverbindungen zwischen den quergestreiften Elementen und den Thymusmarkzellen, und ebensowenig kann Pensa drittens Übergangszellen zwischen den Retikulum- und den myoiden Zellen Hammars auffinden. Allerdings beschreibt Pensa neben den kleinen Thymusmarkzellen, die ein nur schwach färbbares Plasma und zum Teil regelmässige Konturen zeigen, nun noch andere Zellen von grösseren Dimensionen, stärkerer Färbbarkeit des Protoplasmas und sehr unregelmässigen Zellkonturen, die mit den kleinen Thymusmarkzellen zwar nicht durch direkte protoplasmatische Verbindung, wohl aber durch zahlreiche Übergangsformen verknüpft sind. Von diesen von Pensa als besondere Form der Thymusepithelzellen aufgefassten Gebilden glaubt er, dass sie bei oberflächlicher Untersuchung vielleicht mit den myoiden Zellen verwechselt werden könnten. „Oltre che per la forma diversa del corpo cellulare, per il carattere del nucleo ecc., sopratutto si distinguono per il carattere essenziale della struttura mancante nelle une, manifesto nel altre, quando si osservino in opportune condizioni di fissazione e di colorazione.“ Wie früher, leitet Pensa die quergestreiften Zellen von der Visceralbogenmuskulatur ab, und während er bereits 1902 verschiedene Fälle vom Einschluss quergestreifter Muskelfasern in drüsige Organe aus der Literatur zusammenstellen konnte, kann er nun auch auf die 1904 erschienene Arbeit von Glas (1) verweisen, der Sarkolyten in einer menschlichen Tonsille beschreibt und sie gleichfalls von der sich aus den Wandzellen der Kopfhöhlen entwickelnden Muskelplatte ableitet.

Bei dieser Darstellung Pensas ist es beachtenswert, dass der Autor das Bestehen von grossen im Plasma stark färbbaren und mit den Thymusmarkzellen durch Übergänge verknüpften Zellen zugibt. Von den myoiden Zellen unterscheiden sie sich im wesentlichen durch das Fehlen der Querstreifung. Denn die unregelmässige Gestalt, das Bestehen von Zellfortsätzen kann bei der Polymorphie der quergestreiften Zellen nicht recht ins Gewicht fallen, und wenn Pensa auch einen Unterschied im Bau der Kerne erwähnt, ohne diesen übrigens genauer zu be-

sprechen, so ist doch in seinen Figuren (Pensa 5) ein deutlicher Unterschied zwischen den Kernen der Thymusmarkzellen und denen der quergestreiften Zellen nicht zu sehen. Wenn somit als wesentliches Unterscheidungsmittel zwischen den myoiden Zellen und der fraglichen grossen von Pensa zum Thymusepithel gerechneten Zellart das Bestehen oder Fehlen der Querstreifung sich ergibt, so wäre es von Interesse zu erfahren, wie sich die undifferenzierte Zellart gegen die von Pensa (5) für die Thymus erwachsener Vögel als charakteristisch beschriebenen Zellen abgrenzen lässt, bei denen die Querstreifung sich fast völlig zurückgebildet hat und sich nur hier und da Granula im Sinne einer solchen Struktur anzuordnen scheinen.

Jedenfalls standen sich auch nach dieser letzten Veröffentlichung Pensa und Hammar nicht nur in der Deutung ihrer Resultate, sondern auch in den tatsächlichen Befunden zum grossen Teile unvermittelt gegenüber. Die Frage der quergestreiften Zellen der Thymus konnte keineswegs als aufgeklärt gelten.

II. Material und Bemerkungen allgemeinerer Art über das Verhalten der Vogelthymus.

Die Untersuchungen, die seit dem Sommer 1905 von mir im anatomisch-biologischen Institut der Universität Berlin ausgeführt wurden, erstreckten sich hauptsächlich auf die quergestreiften Zellen der Vogelthymus. Ganz zuletzt trat für mich die Selachierthymus in den Vordergrund des Interesses.

Herrn Prof. Dr. Heck, Direktor des Zoologischen Gartens zu Berlin, sowie Herrn Dr. Heinroth, bin ich für das liebenswürdige Entgegenkommen, mit dem mir bereitwilligst die Sektion vieler Vögel gestattet wurde, zu grossem Danke verpflichtet. Bei dem reichhaltigen Material der verschiedensten Spezies, das mir auf diese Weise zur Verfügung stand, konnte ich mich davon überzeugen, dass entsprechend den Angaben von Pensa (5) in den meisten Fällen die Thymus in Form von Lappen entlang der Vena jugularis angeordnet ist. (Die von Pensa für einige Arten beschriebene bandförmige Form der Thymus fand ich bei Haematopus ostrealegus L.) Auch darin stimme ich mit Pensa überein, dass Thymuslappen von beträchtlicher Grösse bei Hühnervögeln, ganz besonders grosse aber bei Enten und Gänsen gefunden werden.

Leider erwies sich das mir vom Zoologischen Garten freundlichst zur Verfügung gestellte Material für die vorliegende Untersuchung wenig geeignet, da es sich meist um an Krankheiten gestorbene Tiere handelte, für die ich den von Hammar beschriebenen Zustand der akzidentellen Involution der Thymus durchaus bestätigt fand. Dazu kam, dass die Objekte nicht immer hinreichend frisch für feinere histologische Untersuchung zur Konservierung kommen konnten. Immerhin erhielt ich einen Überblick über die Thymus von verschiedenen Vogelgruppen und gewann die Überzeugung, dass quergestreifte Zellen sich bei weitem am meisten in der Thymus von Hühnervögeln finden.

Auch Pensa und Hammar haben das Huhn als ein in dieser Beziehung sehr günstiges Objekt empfohlen. Bei der Pute habe ich etwa ebensoviel und beim Fasan (Phasianus colchicus L.) sogar noch bedeutend mehr quergestreifte Zellen gefunden. Es zeigt sich übrigens dabei, dass weder in der Gruppe der Hühnervögel, noch auch sonst die Zahl der quergestreiften Zellen dem Volumen der Thymuslappen entspricht. Der Fasan hat nämlich eine bedeutend kleinere Thymus als Gallus domesticus, und bei Enten und Gänsen, deren Thymuslappen bei weitem am grössten sind, sind die quergestreiften Zellen spärlicher als beim Huhn vertreten. Ein prinzipieller Unterschied im Bau der quergestreiften Zellen wurde bei den verschiedenen Vogelspezies nicht gefunden. Die speziellen Untersuchungen erstreckten sich namentlich auf eine Reihe verschiedener Altersstadien von Gallus domesticus.

Allen denen, die mich in liebenswürdiger und tatkräftiger Weise freundlichst bei der Beschaffung des Materials unterstützten, sage ich auch hier meinen besten Dank.

III. Untersuchungsmethoden.

Die Hühner wurden meist durch Chloroform getötet. Bezüglich der angewandten Fixationstechnik wäre zu sagen, dass ich die besten Resultate übereinstimmend mit Pensa durch Osmiumgemische und zwar in erster Linie Flemmingsche Flüssigkeit (starkes Gemisch) erzielt habe. Daneben habe ich namentlich Tellyesniczkysche Flüssigkeit angewandt. Die Schnittdicke betrug 3μ, selten darüber. Bei der Färbung habe ich die günstigsten Resultate mit der Heidenhainschen Eisen-

hämatoxylinmethode erzielt, die ich auch der Silberimprägnierung nach Bielschowsky vorzog. Bei einer Arbeit wie der vorliegenden, bei der es sich um Untersuchung von Gebilden von bestimmter Plasmastruktur (Querstreifung) und ihres Verhaltens zu undifferenzierten Zellen handelt, war es notwendig, einen Verlust der Struktur durch zu starke Differenzierung auszuschliessen. Ich habe daher sehr intensive Färbungen als die beweiskräftigsten bevorzugt und z. B. nach einer Beizung von vier und Färbung von 16 Stunden nur 20 Sekunden in Eisenalaun differenziert. Um den richtigen Grad der Differenzierung zu beurteilen, war es, wie überhaupt bei der Ausführung der ganzen Arbeit, notwendig, die Ölimmersion zu benutzen. Ich habe es dabei vorteilhaft gefunden, die durch das Abspülen zur Unterbrechung der Eisenalaundifferenzierung mit Leitungswasser benetzten Schnitte mit einem grossen Deckglas zu bedecken und nun die Ölimmersion zu gebrauchen. — Als Macerationsflüssigkeit bewährte sich Drittelalkohol.

IV. Die regelmässig quergestreiften bandförmigen Zellen der Hühnerthymus (Typus I) und ihr Vergleich mit quergestreiften Muskelzellen.

Als ich meine Untersuchung begann, lag mir zunächst daran, festzustellen, inwieweit sich die Struktur der quergestreiften Zellen der Thymus mit dem Bau quergestreifter Muskelzellen vergleichen lässt. Die Angaben der Voruntersucher über eine weitgehende Polymorphie der fraglichen Gebilde kann ich vollkommen bestätigen, und ich will zunächst nur die regelmässig quergestreiften Elemente aus der Hühnerthymus beschreiben, wie sie sich bei einem drei Wochen alten Hühnchen darstellen. Es handelt sich dabei um meist langgestreckte an den Enden oft zugespitzte, manchmal aber aufgefaserte Gebilde, die in der Länge bisweilen 125 μ erreichen, in der Breite von 2—8 μ variieren.

Diese je nach ihrer Dickenausdehnung mehr das Bild von Fäden oder von Bändern darbietenden Elemente zeigen sich bei geeignet ausgeführter Eisenhämatoxylinfärbung in äusserst prägnanter Weise aus weissen und schwarzen Querscheiben zusammengesetzt, die sich in Grösse und Abstand aufs beste mit

den Elementen Qu und J [1]) der quergestreiften Muskulatur, den anisotropen und isotropen Querscheiben, vergleichen lassen. Extrahiert man kräftig, so tritt in den dunkeln Querscheiben ein helles glänzendes Mittelband auf, genau so wie sich als Extraktionsphänomen beim quergestreiften Muskel die mittlere Aufhellungszone (= Qh) darstellen lässt.[2]) Bei starker Färbung wird nicht selten auch in der Mitte der hellen Querscheiben noch eine Struktureigentümlichkeit, nämlich eine gleichfalls genau quer verlaufende feine schwarze Linie sichtbar, die ich ebenso wie Hammar als Zwischenscheibe deute. An gut fixierten und gefärbten Präparaten handelt es sich nur bei den schmalsten Elementen um einheitliche dunkle Querscheiben, bei den breiteren Formen kann man je nach der Breitenausdehnung eine grössere oder geringere Menge parallel zu einander liegender, annähernd rechteckiger Plättchen erkennen. Ein Zusammenhang dieser Plättchen untereinander in der Längsrichtung wird in hohem Maße wahrscheinlich, wenn man beachtet, dass bei der häufig stattgehabten seitlichen Verschiebung von in der Querrichtung benachbarten Plättchen sich auch die in der Längsrichtung folgenden in genau gleichem Maße verschoben finden (Fig. 1). Man gewinnt also den Eindruck, dass Längsreihen von Plättchen bestehen. Oft ist es auch noch möglich, die intensiv schwarz gefärbten rechteckigen Plättchen durch stärkere Differenzierung in feine schwarze parallel zu einander liegende Stäbchen aufzulösen, und ab und zu sind grau gefärbte Verbindungsfädchen zu sehen, die in der Längsrichtung benachbarte Stäbchen vereinigen. Das heisst: es lässt sich wie bei der quergestreiften Muskelfaser zeigen, dass die Elemente der Querstreifung auf Fibrillen angeordnet sind — ein Befund, der sich auch auf die oben mit Qh (der mittleren Aufhellungszone) verglichene Struktur bezieht, während ich ganz der Meinung Heidenhains (3) entsprechend die „Zwischenscheibe“ öfters ununterbrochen mehrere Fibrillen durchsetzen sah.

Ohne hier auf die Frage der Elementarfibrille näher einzugehen, will ich doch betonen, dass ich nicht gar so selten eine

---

[1]) Die hier verwandte Buchstabenbezeichnung für die Elemente der Struktur der Querstreifung ist Heidenhain (3): Struktur der kontraktilen Materie entnommen.

[2]) Zweifellos handelt es sich hier um die von Hammar mit den Mittelscheiben quergestreifter Muskelfasern verglichene Struktur.

paarweise Vereinigung der beschriebenen Stäbchen gesehen habe, die bei gleichzeitigem Hervortreten von Qh zu dem Bilde einer „Tetrade" Veranlassung gibt, wie es Schlater (10) im Jahre 1905 gerade für die Myofibrille des Hühnerembryos beschrieben hat.

Übereinstimmend mit Pensa wäre ferner zu erwähnen, dass die grossen bläschenförmigen ovalen Kerne an die quergestreifter Muskelfasern erinnern. Ich habe sie meist in der Einzahl der Faser seitlich anliegend und von einer schmalen Schicht undifferenzierten Plasmas umhüllt gefunden. Als weiteres Indizium für die Muskelnatur der fraglichen Gebilde möchte ich anführen, dass am frischen Zupfpräparat wie nach Maceration in Drittel-Alkohol die Querstreifung als Folge des regelmässigen Abwechselns stärker und schwächer lichtbrechender Schichten erkennbar war. Schliesslich habe ich auch Untersuchungen mit dem Polarisationsapparat angestellt. Quergestreifte Zellen, die durch Maceration der Thymus in Drittel-Alkohol isoliert waren, zeigten bei schwacher Vergrösserung, dass in ihnen doppelbrechende Substanz vorhanden ist. Das Phänomen bei Immersionsvergrösserung zu verfolgen und festzustellen, ob wirklich doppelbrechende mit einfachbrechenden Schichten abwechseln, gelang mir nicht. Doch scheint mir dies sich aus der Kleinheit und der beim Isolationspräparat geringen Deutlichkeit der Querstreifung zu erklären. Ein indirekter Beweis dafür, dass auch im vorliegenden Falle die Doppelbrechung an die Querstreifung geknüpft ist, scheint mir darin zu liegen, dass bei Isolation der Zellen durch 30% Kalilauge die Querstreifung offenbar durch Quellung unsichtbar wurde und damit zugleich der Nachweis der Doppelbrechung mit dem Polarisationsmikroskop nicht mehr glückte.

Die Struktur der fraglichen quergestreiften Elemente lässt sich somit aufs Beste mit dem Bau quergestreifter Muskelzellen vergleichen. Mit ausgebildeten Skelettmuskelfasern freilich ist wenig Ähnlichkeit vorhanden. Ein Sarkolemm ist nicht nachzuweisen. Meist ist nur ein Kern vorhanden, und die Lage desselben sowie die Menge des ihn umhüllenden undifferenzierten Plasmas ist eine wechselnde. In manchen Fällen ist auch an einer Schnittserie ein zu der quergestreiften Faser gehöriger Kern nicht mit Sicherheit nachzuweisen. Doch bei dem kernreichen Thymusgewebe scheint ein Beobachtungsfehler so wenig ausgeschlossen, dass ich doch glaube, von den quergestreiften

Elementen ganz allgemein als von „Zellen“ sprechen zu dürfen. Die bisher geschilderten regelmässig quergestreiften bandförmigen Zellen, von denen ein prägnantes Beispiel in Fig. 1 abgebildet wurde, möchte ich als den ersten Typus der quergestreiften Thymuszellen bezeichnen.

Es ist zu erwähnen, dass neben den gestreckten auch winklig gebogene Formen vorkommen. Entsprechend den Befunden Hammars wurden gelegentlich auch verzweigte Zellen beobachtet, die besonders deutlich an Macerationspräparaten hervortraten. Ab und zu fanden sich ferner beim drei Wochen alten Hühnchen regelmässig quergestreifte Spindelzellen mit zentral gelegenen Kernen.

Wichtiger als diese Variationen der äusseren Form erscheinen mir Modifikationen, die im innern Bau der regelmässig quergestreiften Zellen auftreten können. Es handelt sich einmal um Elemente, deren eine Hälfte regelmässige Querstreifung oft mit sehr schöner Ausbildung der Zwischenscheiben zeigt, deren andere Hälfte dagegen nur glatte Fibrillen enthält, die in der Längsrichtung der ganzen Zelle teils gerade, teils gewellt, meist aber parallel zu einander verlaufen. Und zwar gewinnt man den Eindruck, dass die quergestreiften Fibrillen direkt in die glatten übergehen, in welche nur hier und da sich mit Eisenhämatoxylin dunkel färbende Körnchen eingelagert sind. Eine weitere Modifikation besteht darin, dass die faserförmigen Gebilde in der Längsrichtung in einen undifferenzierten oder nur glatte Fibrillen enthaltenden Zellteil und einen zuweilen bedeutend schmäleren regelmässig quergestreiften Abschnitt geteilt sind. Des weiteren sind Formen zu erwähnen, die zwar in ihrer ganzen Ausdehnung quergestreift sind, deren Querstreifung aber gewissermassen einen primitiven Charakter zeigt, sei es, dass sie sich nur aus Körnchen oder ganz kleinen Stäbchen aufbaut, sei es, dass sie aus ganz feinen die Faser in ihrer ganzen Breite durchsetzenden, dicht nebeneinander liegenden Querlinien besteht. Es entstand die Frage, ob die letztgenannte Form im Sinne einer Kontraktionserscheinung zu deuten wäre. Da sie sich indessen besonders bei Fasern mit verschwommenen Zellgrenzen und schlecht färbbarem Plasma fand, glaube ich, sie nicht als Kontraktions-, sondern als Rückbildungsform auffassen zu müssen. Auch die übrigen Strukturvariationen der Zellen des ersten Typus scheinen mir am

ungezwungensten als Rückbildungen von in ganzer Ausdehnung regelmässig quergestreiften Fasern gedeutet zu werden. Eine letzte, seltene, in diese Gruppe gehörige Modifikation besteht darin, dass die Querstreifung mit Ausnahme der die Faser in ihrer ganzen Breite durchsetzenden Linien der Zwischenscheiben auch bei stärkster Färbung nur blass und undeutlich sichtbar ist.

V. Die partiell quergestreiften Zellen (Typus II) und ihr Verhalten zum Retikulum und zu hypertrophischen Markzellen.

Neben den vorwiegend langgestreckten Formen des ersten Typus finden sich in der Thymus des drei Wochen alten Hühnchens in grosser Anzahl runde, unregelmässig ovale oder kurze tafelförmige Gebilde, die gleichfalls zu den quergestreiften Thymuszellen zu zählen sind, deren ganz unregelmässiger Bau es aber wohl gerechtfertigt erscheinen lässt, wenn sie hier als zweiter Typus besonders abgegrenzt werden. Sie entsprechen den Rundzellen, an welchen Hammar deutliche Fibrillierung, aber wenig oder gar nicht hervortretende Querstreifung beschreibt, und wahrscheinlich auch den Elementen, die Pensa mannigfach von Granula durchsetzt findet und an denen er an einigen Stellen eine Anordnung der Körnchen im Sinne einer Querstreifung beobachtet. Ein grosser bläschenförmiger, chromatinarmer Kern von meist ovaler Gestalt findet sich bald im Zentrum bald in der Peripherie der meist nur einen Durchmesser von 20 μ erreichenden Zellen. Bei starker Eisenhämatoxylinfärbung, namentlich nach Fixation mit Flemmingscher Flüssigkeit, zeigen diese Zellen teils glatte Fibrillen, die zirkulär oder wirbelförmig verlaufen können, sich aber häufiger wirr durchflechten, teils sich intensiv färbende Körnchen oder kurze Stäbchen, die regellos angeordnet sind. Nur bei einigen Zellen und auch dann nur an wenigen Stellen liegen die Stäbchen in regelmässigen Abständen aufgereiht. In manchen Fällen, wie bei der in Fig. 2 dargestellten Zelle, heben sich die Stäbchenreihen so deutlich von der Umgebung ab, dass an der Einlagerung quergestreifter Fibrillen in das Plasma nicht gezweifelt werden kann. In andern Fällen ist man unsicher, ob nicht nur zufällig hintereinander liegende Körnchen eine solche Reihe vortäuschen. Bei vielen Zellen dieser Art ist aber eine

an Querstreifung in irgend einer Form erinnernde Struktur gar nicht zu entdecken.

Wie verhalten sich diese Gebilde zu den übrigen Thymuszellen? Zur Beantwortung dieser Frage ist es nötig, auf das histologische Bild, das ein Durchschnitt durch die Hühnerthymus darbietet, etwas näher einzugehen. Ist der Schnitt mit Eisenhämatoxylin gefärbt, so heben sich sogleich von den chromatinreichen Kernen der dicht nebeneinander liegenden protoplasmaarmen Zellen der Rindenschicht als lichtere Partien die Stellen ab, an denen die Markschicht getroffen ist. Abgesehen von den mannigfach gestalteten und oft mit Flimmerepithel ausgekleideten Cysten, den vielkernigen Riesenzellen und konzentrischen, an die Hassalschen Körperchen der Mammalia erinnernden Epithelzellenverbänden setzt sich die Markschicht aus etwa 12—15 μ im Durchmesser erreichenden Zellen zusammen, die eine mannigfach wechselnde Form, schwach färbbares Plasma und einen runden oder ovalen bläschenförmigen, chromatinarmen Kern besitzen. An manchen Stellen haben die Markzellen eine unregelmässig polygonale Gestalt und liegen in dichter epithelialer Anordnung nebeneinander. Nicht immer ist in diesem Falle das Zellinnere gleichmässig vom Plasma erfüllt, sondern oft spannen sich zwischen Zellbegrenzung und Kern nur feine und unregelmässig miteinander anastomosierende Plasmafäden aus. Die Zellbegrenzung hat seltener den Charakter einer festen Membran als den einer äusseren Protoplasmaschicht. An andern Stellen des Schnittes sind nun die Zellgrenzen überhaupt nicht nachzuweisen. Die Plasmafäden benachbarter Zellen vereinigen sich vielmehr miteinander zu einem unregelmässigen Maschenwerk, das man wohl mit Hammar als ein Retikulum bezeichnen kann.

In allen Altersstadien und bei allen untersuchten Hühnern heben sich nun von den bei der Heidenhainschen Eisenhämatoxylinfärbung im Plasma nur zart tingierten Markzellen unregelmässig verteilte und oft in Gruppen beisammen liegende grosse Zellelemente in schwarzgrauem Farbenton ab. Diese durch ihr kompaktes Gefüge im Gegensatz zu der lichten Umgebung sofort auffallenden Gebilde sind die geschilderten quergestreiften Zellen, und zwar fanden sich bei drei Wochen alten Hühnern nebeneinander und durcheinander gemischt die verschiedenen Modifikationen des ersten wie des zweiten Typus, alle dunkler

gefärbt als die umgebenden Retikulumzellen und jede besonders wieder die spezielle Plasmastruktur, diese die regelmässigen Querscheiben, jene die oft ungeordneten Fädchen und Körnchen tiefschwarz auf matterem Grunde aufweisend. Die Ähnlichkeit im Gesamtaussehen von den regelmässig quergestreiften bandförmigen Zellen (erster Typus) und den ganz unregelmässig gebauten Elementen des zweiten Typus ist eine so weitgehende, dass man unwillkürlich an eine engere Beziehung zwischen beiden denkt.

Andrerseits ist darauf hinzuweisen, dass sich unter den geschilderten Zellen des zweiten Typus neben solchen, die partiell deutliche Querstreifung zeigten, auch andere fanden, die nur unregelmässig gelagerte Granula und ein wirres Geflecht von Fibrillen aufwiesen. Es ergab sich also hier ein Übergang von quergestreiften Elementen zu solchen, die nicht im Sinne einer Querstreifung differenziert sind.

Was unterscheidet nun die in diesem Sinne undifferenzierten Gebilde von den Thymusmarkzellen, abgesehen von der Grössendifferenz? Die Form kann bei der grossen Variabilität in der Gestalt beider Elemente kaum in Betracht kommen, ebensowenig die Struktur des Kernes, die hier wie dort ohne besondere charakteristische Merkmale das gewöhnliche Bild eines bläschenförmigen, chromatinarmen Kernes darstellt. Es bleibt somit nur das verschiedene Verhalten des Plasmas übrig, das bei der Eisenhämatoxylinfärbung die fraglichen Zellen sich als dichte graue Elemente von dem lichten Bilde der Retikulumzellen abheben lässt.

Es ist damit eine Grenze gezogen, die sich in dem Moment verwischen würde, in dem sich hypertrophische Markzellen mit Verdichtung und Fibrillierung des Plasmas nachweisen liessen. In der Tat ist nun, wie oben referiert, nicht nur Hammar sondern auch Pensa zu der Ansicht gelangt, dass hypertrophische Markzellen von solcher Art existieren. Auch ich finde ab und zu Elemente, die sich wohl in diesem Sinne deuten liessen: grosse, sich durch ihren kompakten Bau vom übrigen Marke abhebende Zellen von feinfädiger Plasmastruktur. Eine solche Zelle ist in Fig. 3 abgebildet und zwar von demselben Exemplar wie Fig. 1 und 2, einem drei Wochen alten Hühnchen. Aber wenn ich bemerke, dass ich diese Zelle namentlich wegen ihrer besonders feinen Fibrillierung nicht zu den Zellen des zweiten Typus rechnen

zu dürfen glaube, so sei doch zugleich darauf hingewiesen, dass einmal auch diese Zelle nicht von schwarz gefärbten Einlagerungen frei ist, die allerdings hier eine runde Gestalt etwa wie kleine Tropfen zeigen, und dass zweitens „feinfibrillär" und „grobfibrillär" keine gegeneinander scharf abzugrenzenden Begriffe sind. Ich gebe also zu, dass man die nebeneinander in ein und derselben Thymusserie vorkommenden Gebilde zu einer so kontinuierlichen Reihe anordnen könnte, dass es unmöglich wäre zu sagen, ob ein betreffendes Glied dieser Reihe noch zu den quergestreiften Zellen oder schon zu den hypertrophischen Markzellen zu zählen sei. Inwieweit man aber mit Hammar berechtigt ist, diese dem Auge als Übergangsreihe erscheinende Zusammenstellung als eine echte genetische Übergangsreihe aufzufassen und somit die quergestreiften Zellen nur als besonders modifizierte hypertrophische Markzellen anzusehen, das ist eine Frage, auf die erst eingegangen werden soll, wenn nach Darlegung des tatsächlichen Befundes von verschiedenen Altersstadien eine Deutung desselben versucht wird. Doch sei hier noch auf ein Moment hingewiesen, auf das Hammar in dieser Frage neben dem Befunde von verzweigten quergestreiften Zellen ganz besonderes Gewicht legt, nämlich auf das Vorkommen feiner protoplasmatischer Verbindungsfäden zwischen den „myoiden" und den Retikulumzellen. Wenn ich auch mit Pensa (7) darin übereinstimme, dass man öfters die quergestreiften Zellen aufs Deutlichste von der Umgebung getrennt sieht, so kann ich doch Hammars Beobachtungen von feinen protoplasmatischen Verbindungen mit dem Retikulum für eine Anzahl von Zellen des zweiten Typus durchaus bestätigen.

VI. Die quergestreiften Zellen mit zirkulärem Fibrillenverlauf (Typus III) und ihre Beziehung zu den übrigen quergestreiften Thymuszellen.

In geringer Zahl finden sich beim drei Wochen alten Hühnchen unter den quergestreiften Zellen Gebilde, die in ihrer speziellen Plasmastruktur zu allen bisher geschilderten Modifikationen eine gewisse Sonderstellung einnehmen und ihnen daher als dritter Typus an die Seite gestellt werden mögen. Es handelt sich um Elemente, die mit vielen Zellen des zweiten Typus die vorwiegend runde Gestalt gemeinsam haben, die wie diese sich aus

Fibrillen mit eingelagerten Körnchen und Stäbchen aufbauen und bei denen die Querstreifung im allgemeinen ebenfalls nur den primitiven Charakter von in gleichmässigen Abständen hintereinander aufgereihten Stäbchen zeigt. Die Fibrillen nehmen aber in ihnen einen regelmässigen zirkulären Verlauf. Stets ist dies in der Peripherie der Fall, dagegen finden sich im Zentrum der Zelle öfters undifferenziertes Plasma und ungeordnete Fädchen. Ferner sind die Fibrillen nicht nur partiell, sondern oft in ihrem ganzen Verlaufe in regelmässige Abstände von einander innehaltende Stäbchen gegliedert. Der häufig zentral liegende Kern ist in diesen Fällen von konzentrisch verlaufenden Stäbchenreihen umgeben. Seltener bestehen die konzentrischen Reihen überwiegend aus unregelmässig angeordneten Körnchen.

Indessen auch da, wo es sich um Reihen von gleichgrossen Stäbchen handelt, die sich in regelmässigen Abständen folgen, ist ein Zusammenhang der Stäbchen untereinander in der Längsrichtung häufig nicht objektiv nachzuweisen und es entsteht die Frage, ob es sich denn wirklich hier um quergestreifte Fibrillen handelt. Oder mit andern Worten: stehen diese merkwürdig gebauten Zellen mit zirkulärem Verlaufe von Stäbchenreihen in einem prinzipiellen Gegensatze zu den Repräsentanten des ersten Typus, sind sie diesen eine wahre Muskelstruktur aufweisenden Gebilden etwa als „myoide Zellen" im eigentlichen Sinne des Wortes gegenüberzustellen?

Auf Grund meiner Befunde glaube ich diese Frage durchaus verneinen zu müssen und darlegen zu können, dass die drei aufgestellten Typen der quergestreiften Zellen der Hühnerthymus, die ihrem Gesamteindruck nach bei Durchsicht der Schnitte unwillkürlich miteinander in Beziehung gesetzt werden, auch in der Tat etwas Einheitliches darstellen. Zunächst sei nochmals bemerkt, dass die Zellen des dritten Typus zwar einen regelmässigeren Bau als die des zweiten aufweisen und in grösserer Ausdehnung quergestreift sind, dass aber die Querstreifung als solche bei beiden denselben einfachen Charakter trägt, so dass ein für die Struktur der Zellen des dritten Typus gewonnenes Resultat wohl auch auf die Elemente des zweiten Typus übertragen werden darf. Es sind ja auch diese beiden Zellarten bisher nicht scharf voneinander abgegrenzt worden. In der Schilderung Pensas (5) kann ich beiden nur die runden oder

spindelförmigen Zellen vergleichen, die dieser Autor von unregelmässig lagernden Granula durchsetzt findet, welche sich nur an einigen Stellen im Sinne einer Querstreifung anordnen. In der Darstellung Hammars würde man für beide Zelltypen sowohl bei denjenigen Rundzellen Vergleichspunkte finden, die Bündel von quergestreiften Fibrillen enthalten, welche an der Oberfläche meist zirkulär verlaufen, sich im Innern der Zelle dagegen mannigfach durchflechten, als auch bei denjenigen, für die Hammar eine deutliche Fibrillierung, aber wenig oder gar nicht hervortretende Querstreifung angibt. Bei der stets vorwiegend runden Gestalt der Zellen des dritten Typus könnte man auf die Vermutung kommen, dass es sich um Querschnitte der bandförmigen quergestreiften Zellen handeln könnte und ihre Plasmastruktur somit als eine reihenförmige Anordnung von Fibrillendurchschnitten aufzufassen wäre — eine Annahme, die jedoch durch Schnittserien nicht bestätigt wird. Einen überzeugenden Beweis, dass die Stäbchenreihen quergestreifte Fibrillen darstellen, erblicke ich darin, dass es in einigen Fällen glückte, zwischen solchen Stäbchen je ein querverlaufendes Fädchen zu sehen, in Lage und Gestalt durchaus der mit den Zwischenscheiben der Skelettmuskulatur verglichenen Struktur der Zellen des ersten Typus entsprechend. Wären somit die Stäbchenreihen in der Tat als quergestreifte Fibrillen aufzufassen, so könnte doch in ihrem zirkulären Verlauf ein prinzipieller Gegensatz zum Verhalten der bandförmigen quergestreiften Zellen erblickt werden, die in ihrer Fibrillenrichtung ganz Skelettmuskelfasern entsprechen. Dass ein solcher Gegensatz zwischen den Zellen des ersten und dritten Typus jedoch keineswegs besteht, ergibt sich aus dem Befunde deutlicher Übergangszellen, von denen ein markantes Beispiel in Fig. 4 abgebildet ist. Man sieht eine rundliche Zelle mit breitem Zellfortsatz im ganzen von etwa flaschenförmiger Gestalt (der Kern ist in dem Schnitt nicht getroffen). Während nun in dem Zellfortsatz, der dem Flaschenhalse entsprechen würde, die quergestreiften Fibrillen in regelmässiger zueinander paralleler Anordnung und zwar in der Längsrichtung des Fortsatzes verlaufen, weichen sie am Übergange des Fortsatzes in den rundlichen Zellteil auseinander und nehmen nun die Flaschenwölbung umrankend einen zirkulären Verlauf. Das Zentrum, von einem mannigfach von feinen Fädchen

und Körnchen durchsetzten Plasma gebildet, wird nur von zwei Stäbchenreihen durchsetzt, die dicht nebeneinander liegen. Diese paarweise Anordnung findet sich auch noch an vielen andern Stellen, an denen die Fibrillen aufs deutlichste den Elementen Qu und Quh der quergestreiften Muskulatur entsprechende Strukturen aufweisen, so dass hier das von Schlater (10) gerade für die Myofibrille des Hühnerembryos beschriebene Bild der „Tetraden" zustande kommt (in Fig. 4 unter anderem bei t). Da ferner auch Zwischenscheiben nicht fehlen, so handelt es sich hier um eine Zelle, deren Fibrillen aufs deutlichste Muskelstruktur zeigen, die aber in ihrer linken Hälfte nach dem ersten Typus gebaut ist, während die rechte Hälfte in dem vorwiegend zirkulären Verlauf der Fibrillen dem dritten Typus entsprechen würde. Diese Übergangszellen, die sich beim drei Wochen alten Hühnchen allerdings nur spärlich finden, hat offenbar auch Hammar gesehen und sie kurz als quergestreifte Fäden erwähnt, die Fortsätze rundlicher Zellen darstellen. Bei Pensa finde ich bezüglich der quergestreiften Zellen mit zirkulärem Fibrillenverlaufe und ihrer Übergänge zu parallelfaserigen Gebilden in der Darstellung der quergestreiften Zellen der Vogelthymus keine Vergleichspunkte, wohl aber ist dies der Fall bei seinen Befunden, die sich auf Amphibien und Reptilien beziehen und auf die am Anfang meiner Arbeit in dem historischen Überblick bereits eingegangen wurde. Allerdings sind die hier beschriebenen runden Zellformen mit zirkulärem Fibrillenverlauf insofern regelmässiger gebaut, als sich die Querscheiben der konzentrischen Kreise decken, so dass das Gesamtbild einer um den zentral liegenden Kern radiär angeordneten Streifung entsteht.

VII. Das Verhalten der quergestreiften Thymuszellen in verschiedenen Alters- und Entwicklungsstadien von Gallus domesticus Briss.

Aus obiger Darstellung dürfte hervorgehen, dass ein durchgreifender Unterschied in der Struktur und Anordnung der Querstreifung bei den verschiedenen Typen der fraglichen Thymuszellen nicht besteht. Wenn es somit wahrscheinlich ist, dass die verschiedenen aufgestellten Typen in einem Verwandtschaftsverhältnis zueinander stehen, so kann doch die Frage, welcher Art

dieses Verwandschaftsverhältnis ist, nur aus der Beobachtung verschiedener Altersstadien und nicht aus Befunden, die im selben Entwicklungsstadium nebeneinander bestehen, erschlossen werden. Es mögen daher in diesem Sinne mit dem drei Wochen alten Hühnchen, das bisher der Darstellung zugrunde gelegt wurde, von den 14 untersuchten Altersstadien diejenigen, welche die markantesten Resultate darbieten, eingehender verglichen werden (es wurden Stadien vom 14., 17., 18., 19., 21. Embryonaltag, Postembryonalstadien vom 2., 8., 14. Tage, von drei Wochen, fünf Wochen, vom 2., 4., 6. Monat sowie von sechs Jahren untersucht).

Während beim drei Wochen alten Hühnchen die Zellen des dritten Typus an Zahl sehr gegen die der beiden andern Typen zurücktreten und die Übergangszellen zwischen erstem und dritten Typus ganz besonders spärlich sind, finden sich letztere in den folgenden Entwicklungsstadien obiger Reihe bedeutend häufiger. Bei einem sechs Monate alten Hahn sind schliesslich die Elemente mit zirkulärem Fibrillenverlauf (dritter Typus) die Hauptrepräsentanten der quergestreiften Zellen, gegen die die bandförmigen Zellen an Menge zurücktreten. Auch kann es keinem Zweifel unterliegen, dass von den nur partiell im Sinne einer Querstreifung differenzierten Zellen (zweiter Typus) sich nun ganz vorwiegend runde Formen finden. Stets eine scharfe Grenze zwischen Repräsentanten des zweiten und dritten Typus zu ziehen, ist darum in diesem Stadium noch weniger möglich als in den vorausgehenden.

Bei dem ältesten untersuchten Objekt, einem mindestens sechs Jahre alten Hahn, der nach Befiederung und biologischem Verhalten für eine hahnenfiedrige Henne gehalten wurde, liessen sich im frischen Zupfpräparat wohl eine Menge grosser runder Zellen im Thymusgewebe nachweisen, doch war von Querstreifung nichts an ihnen zu sehen. Am Schnittpräparat gelang es mit Mühe, einige wenige faserförmige Gebilde aufzufinden, die etwas von Querstreifung erkennen liessen. Im übrigen zeigte sich die ganze Thymus von grossen (bis zu 25 μ im Durchmesser betragenden) bei der Heidenhainschen Eisenhämatoxylinfärbung in dunkelgrauer Farbe hervortretenden, runden Zellen durchsetzt, in denen eine Plasmastruktur in Form eines ganz unregelmässigen Gitterwerkes, das sich aus feinen Fädchen und Körnchen zusammensetzt,

sichtbar war. Vier Repräsentanten dieser Zellen sind in Fig. 5 der Tafel dargestellt. Nur an einigen Zellen findet sich eine partielle Querstreifung, wie sie in Fig. 5 bei qu in Gestalt hell glänzender, in regelmässiger Folge aufgereihter Scheibchen hervortritt.

Aus diesen Befunden bei älteren Stadien von Gallus domesticus scheint hervorzugehen, dass mit zunehmendem Alter die quergestreiften Thymuszellen immer mehr runde Gestalt annehmen und schliesslich, soweit sie vollständig quergestreift waren, diese Struktur grösstenteils verlieren. Insbesondere ergibt sich, dass die Übergangsformen zwischen dem ersten und dritten Typus so zu deuten sind, dass die bandförmigen quergestreiften Zellen des ersten Typus sich in die runden, einen zirkulären Verlauf quergestreifter Fibrillen aufweisenden Formen des dritten Typus umwandeln — eine Erscheinung, die mit zunehmendem Alter immer häufiger eintritt. Zum Teil sind die runden Zellformen älterer Hühnerstadien aber sicherlich auch von den Zellen des zweiten Typus abzuleiten, die schon beim drei Wochen alten Hühnchen nur partielle oder gar keine Querstreifung zeigten.

Über das Verhältnis der regelmässig quergestreiften bandförmigen Zellen des ersten Typus zu den höchstens partiell quergestreiften, ganz unregelmässig gebauten Formen des zweiten Typus, die beim drei Wochen alten Hühnchen in so grosser Menge nebeneinander vorkommen, hat die Untersuchung älterer Hühnerstadien dagegen einen Aufschluss nicht gebracht.

Bei jüngeren Stadien von Gallus domesticus — der Darstellung sei der Befund von einem achttägigen Küken zugrunde gelegt — sind die bandförmigen regelmässig quergestreiften Zellen in grosser Menge verhanden. Die Formen vom zweiten Typus, kenntlich an der partiellen Einlagerung quergestreifter Fibrillen, haben einen bedeutend weniger dichten Bau als bei älteren Hühnern. Sie tingieren sich nur schwach bei der Heidenhainschen Eisenhämatoxylinfärbung, zeigen keine wirre Durchflechtung grober Fibrillen, sondern ein feinfädiges und von eingelagerten Körnchen freies Plasma. Eine scharfe Grenze zwischen ihnen und „hypertrophischen Markzellen" zu ziehen, wäre darum in diesem Stadium noch weniger möglich als bei älteren Hühnern. In der Tat finden sich nun neben ihnen eine ganze Menge auch nicht einmal partiell im Sinne einer Querstreifung differenzierter

Zellen, die sich von den Retikulumzellen durch stets kompaktes Gefüge und durch ihre Grösse abheben. Auffallend ist, dass eine ganze Anzahl dieser im Sinne einer Querstreifung undifferenzierten Gebilde nicht eine vorwiegend runde, sondern die längliche Gestalt einer breiten Faser sowie eine undeutliche Längsstreifung zeigt. Letztere resultiert aus einer ziemlich regelmässig parallelen Anordnung von Fibrillen.

Bei einem zwei Tage alten Küken, das demselben Gelege wie das achttägige Hühnchen entstammte, weicht der Befund in folgenden Punkten ab. Es fanden sich überraschend wenige bandförmige Zellen von so regelmässiger Querstreifung, wie sie dem ersten Typus in seiner schönsten Ausbildung entsprechen würden. Dagegen zeigten sich grosse, eine undeutliche Längsstreifung aufweisende Zellen länglicher Gestalt, wie sie oben für das achttägige Küken geschildert wurden, in zahlreicher Menge. Während diese Gebilde bei dem älteren Schwesterküken aber gar nicht im Sinne einer Querstreifung differenziert waren, fanden sich bei dem zweitägigen Hühnchen bei einer ganzen Anzahl dieser Zellen Strukturen, die meines Erachtens nach als Überrest einer regelmässigen Querstreifung zu deuten sind. Es handelt sich teils um quer zur Längsrichtung der Zellen angeordnete Reihen feiner Körnchen, teils um Fäden, die in ziemlich weiten Abständen (etwa dem Abstande zweier Zwischenscheiben einer regelmässig quergestreiften Zelle des ersten Typus entsprechend) die faserförmigen Zellen in ihrer ganzen Breite durchziehen. Diese Strukturen sind oft sehr schwach ausgeprägt und zum Teil erst bei sorgfältigster Untersuchung zu entdecken.[1]) Oft durchsetzen sie die ganze Zelle, mindestens aber einen Zellteil in seiner ganzen Breite.

Hierdurch unterscheiden sich diese Gebilde von den Zellen des zweiten Typus, die nur an wenigen Stellen die Einlagerung einiger quergestreifter Fibrillen aufweisen und schliessen sich enger an die in ihrer ganzen Ausdehnung quergestreiften Zellen des ersten Typus an. Eine Ableitung von diesen wird um so wahrscheinlicher, als sich eine ganze Anzahl sicher zum ersten Typus gehöriger Zellen finden, deren Querscheiben sich nur

[1]) Dieser Befund trat bei noch so intensiver Färbung und Beizung und kürzester Extraktion sowohl nach Flemming- wie nach Tellyesniczky-Fixation ein.

ungemein blass färben lassen. Dazu kommt, dass häufiger als in andern Altersstadien die oben geschilderten Modifikationen des ersten Typus auftreten, bei denen entweder die Querstreifung nur aus ganz feinen, die Faser in ihrer ganzen Breite durchsetzenden, dicht nebeneinander liegenden Querlinien besteht oder bis auf die Linien der Zwischenscheiben sehr undeutlich ist.

Bei älteren Embryonalstadien, so bei einem Hühnchen vom 21. Tage der Bebrütung, das eben die Eischale zu durchbrechen begann, fand ich übereinstimmend mit den embryologischen Resultaten von P e n s a prachtvoll quergestreifte langgestreckte Spindelzellen mit oft zentral liegendem Kerne, die in diffuser Verteilung die äusseren Partien des Thymusmarkes durchsetzten. Dass diese in ihrer ganzen Ausdehnung quergestreiften und oft in prägnantester Weise in Quer- und Zwischenscheiben gegliederten Spindelzellen die Jugendformen der quergestreiften Zellen des ersten Typus sind, kann für mich, entsprechend der Ansicht von P e n s a, keinem Zweifel unterliegen. Auffallend war, dass die quergestreiften Spindelzellen sich oft in der Nachbarschaft von Blutgefässen und in paralleler Lage zu diesen fanden. Neben den regelmässig quergestreiften Elementen fanden sich indessen eine ganze Anzahl durch Grösse und kompaktes Gefüge sich von den Markretikulumzellen abhebende Zellen von wechselnder Form und darunter einige mit partieller Querstreifung — Gebilde, die im allgemeinen nicht langgestreckt waren und die schmalen quergestreiften Spindelzellen meist beträchtlich an Breite übertrafen.

VIII. Die Ableitung der quergestreiften Thymuszellen von Myoblasten.

Von den Resultaten, die sich aus der Reihe jüngerer Hühnerstadien ergeben, ist zweifellos das wichtigste, dass diejenigen unter den quergestreiften Zellen, deren Ausbildung in der Thymus am merkwürdigsten erscheinen musste, da sie in allen Struktureinzelheiten sich aufs beste quergestreiften Muskelzellen vergleichen liessen, bei Embryonen auf in ihrer ganzen Ausdehnung quergestreifte Spindelzellen, auf Myoblasten ähnliche Gebilde also und keineswegs auf hypertrophische Markzellen zurückführen. Die Untersuchung eines zwei Tage alten Fasanenkükens sowie eines 30tägigen Entenmischlingsembryos (Cairina moschata (L.) – Anas boschas var. dom. L.) hat dieses Resultat durchaus bestätigt.

Weniger klar erscheint die Genese der partiell quergestreiften Zellen des zweiten Typus. Wenn die Befunde beim zweitägigen Hühnchen nicht eine individuelle Variation darstellen, sondern in voller Ausdehnung mit den beim achttägigen Hühnchen gewonnenen Resultaten verglichen werden dürfen — und die Berechtigung dazu scheint mir darin zu liegen, dass es sich um Küken der gleichen Brut handelt — so würde man folgern müssen, dass bei den regelmässig quergestreiften Zellen sehr früh Rückbildungserscheinungen auftreten. [1]) Damit wäre die Möglichkeit gegeben, partiell quergestreifte Zellen als reduzierte Formen aufzufassen, die ihrer regelmässigen Querstreifung verlustig gegangen sind, aber die Fähigkeit, quergestreifte Fibrillen auszubilden, nicht völlig verloren hätten. Indessen liessen sich schon beim zwanzigtägigen Hühnerembryo einige partiell quergestreifte Zellen nachweisen, und es war nicht möglich, sie scharf von gänzlich undifferenzierten Zellen abzugrenzen, die sich ihrerseits durch Grösse und kompakten Bau vom Markretikulum abhoben.

Diese Tatsachen lassen doch die Annahme nicht von der Hand weisen, dass eine Anzahl der partiell quergestreiften Zellen des zweiten Typus nicht von Elementen, die zu irgend einem Zeitpunkt der Entwicklung regelmässig quergestreift waren, sondern direkt von undifferenzierten Zellen abzuleiten wären.

Der hier durchgeführte Vergleich verschiedener Altersstadien führt bezüglich der partiell quergestreiften Formen zu derselben Reihe von Zellen, die ich in der Thymus älterer Hühnchen in Übereinstimmung mit Hammar und im Gegensatz zu Pensa (7) fand, d. h. zu einem kontinuierlichen Übergang von partiell quergestreiften zu gänzlich undifferenzierten Elementen und zu der Unmöglichkeit, letztere scharf von denjenigen Zellen abzugrenzen, die Hammar und Pensa übereinstimmend als hypertrophische resp. grosse Thymusepithelzellen auffassen. So sehr ich nun auch noch in einigen andern hierher gehörigen

[1]) Ferner würde auf eine postembryonale Vermehrung des Überrestes der regelmässig quergestreiften Zellen geschlossen werden müssen. Mit dieser Schlussfolgerung stimmt die Tatsache aufs Beste überein, dass ein zweitägiges Fasanenküken in der Thymus zwar prachtvoll quergestreifte Spindelzellen enthielt, aber diese nur in sehr geringer Zahl aufwies, während ich bei ausgewachsenen Fasanen stets eine ungemein grosse Menge quergestreifter Zellen gefunden habe.

Punkten des tatsächlichen Befundes, z. B. in der Frage des Vorkommens von protoplasmatischen Verbindungsfäden zwischen den quergestreiften und den Retikulumzellen mit Hammar übereinstimme, so wenig kann ich die Schlüsse Hammars als beweiskräftig anerkennen und dementsprechend vermag ich hier keinen zwingenden Grund zu sehen, auch nur die partiell quergestreiften Thymuszellen als besonders differenzierte hypertrophische Markzellen deuten zu müssen.

Vielmehr glaube ich, dem tatsächlichen Befund ebenso gut die Hypothese zugrunde legen zu dürfen, dass die undifferenzierten Zellen, in denen sich später eine partielle Querstreifung entwickelt, Myoblasten sind mit sehr geringer Tendenz, Muskelfibrillen auszubilden. Diese Annahme scheint mir sogar berechtigter zu sein, da sie mit den allgemeinen Gesetzen der Embryologie im Einklang bleibt und nicht wie die Hypothese Hammars zu der einzig dastehenden Ausnahme führt, dass Elemente von der Morphologie der quergestreiften Muskulatur aus entodermalen Zellen hervorgehen. Die hier vertretene Deutung zieht nicht die befremdende Konsequenz nach sich, die unter die Thymuszellen verteilten Myoblasten in zwei ganz verschiedene Arten teilen zu müssen in solche, die in sehr vollkommner Weise sich in Myofibrillen differenzieren und in andere, die wenn überhaupt erst spät und dann nur partiell quergestreifte Fibrillen ausbilden. Sie stützt sich im Gegenteil auf die schon zwischen dem zweiten und achten Postembryonaltag beobachteten Rückbildungen der Querstreifung bei ursprünglich gänzlich quergestreiften Zellen und weiter auf die für ältere Stadien als Modifikationen der Zellen des ersten Typus beschriebenen Formen mit partiellem Verlust der Querstreifung, sowie auf die eingreifenden Strukturmetamorphosen der quergestreiften Zellen bei alten Hühnern. Es würden demnach Myoblasten anzunehmen sein, die eine sehr geringe Tendenz zur Ausbildung von Myofibrillen haben, ferner andere, die sich zwar ganz in quergestreifte Fibrillen differenzieren, aber diese Struktur sehr bald wieder einbüssen, drittens solche, die noch später einen teilweisen Verlust der Querstreifung erfahren und schliesslich diejenigen, deren Querstreifung sich erst in spätem Alter zurückbildet. Bedenkt man, wie merkwürdige Formen und Plasmastruktur später auch die regelmässig quergestreiften bandförmigen Zellen in Gestalt der Elemente des dritten Typus und

der unregelmässige Fibrillengitter aufweisenden Rundzellen des ältesten untersuchten Hühnerstadiums darbieten, so kann es nicht wunderbar erscheinen, wenn diejenigen unter den fraglichen Zellen, die von vornherein eine nur sehr geringe Tendenz zur Ausbildung von Myofibrillen haben, schon sehr früh unregelmässige Gestaltung annehmen und die Myoblastenform verlieren.

Mag ein Teil der grossen undifferenzierten Zellen aus der Thymus älterer Hühnerembryonen und der feinfädigen Elemente späterer Stadien, von denen ein Beispiel in Fig. 3 abgebildet ist, in der Tat „hypertrophische Markzellen" sein, obschon sie sich von einer grossen Zahl der Retikulumzellen nicht nur durch die Grösse, sondern auch durch den kompakten Bau unterscheiden! Da es zurzeit nicht möglich ist, für die Struktur der Thymusmarkzellen etwas besonders Charakteristisches anzugeben und die fraglichen hypertrophischen Zellen namentlich im Bau des Plasmas wie des Kernes ein Verhalten zeigen, wie es sich auch bei vielen andern Gewebszellen findet, so kann ich der Unmöglichkeit, die am wenigsten im Sinne von Muskelzellen differenzierten Formen des zweiten Typus stets von den „hypertrophischen Markzellen" scharf abzugrenzen, nicht eine prinzipielle Bedeutung beimessen, wie es Hammar tut.

Die gelegentlich auftretenden verzweigten Formen quergestreifter Zellen ferner, die nach Hammar ein weiteres Indizium für die Genese der myoiden Zellen aus dem Retikulum bilden, scheinen mir eine ungezwungene Erklärung in der Verteilung unter die Thymuszellen und den dadurch gegebenen besonderen Wachstumsverhältnissen zu finden.

Schliesslich sollen die protoplasmatischen Verbindungsfäden zwischen myoiden und Retikulumzellen dafür sprechen, dass die quergestreiften Zellen ein integrierender Bestandteil des Retikulums sind. Das gelegentliche Vorkommen solcher plasmatischer Verbindungen hat bei der Annahme eines Einschlusses von Muskelzellen in das Plasmanetz des Thymusmarkes nichts Auffälliges. Auch sind von Schuberg (11) direkte protoplasmatische Verbindungen zwischen genetisch ganz getrennten Geweben (Epithel und Bindegewebszellen des Axolotls) beobachtet worden.

Für das Wesentlichste zur Beurteilung der schwierigen Frage der partiell quergestreiften Zellen (zweiter Typus) halte ich indessen Folgendes: Die Behauptung, dass die myoiden Zellen von

den Markretikulumzellen abzuleiten wären, ist von Hammar ganz allgemein für alle Modifikationen der quergestreiften Thymuszellen aufgestellt worden. Wie ich dargelegt zu haben glaube, kann jedoch diese Ansicht überhaupt nur hinsichtlich der partiell quergestreiften Zellen diskutiert werden. Je überzeugender sich aber zeigen lässt, dass die in ihrer ganzen Ausdehnung regelmässig quergestreiften Zellen (erster Typus) sich nicht nur auf myoblastenähnliche Zellen innerhalb der Thymus zurückführen lassen, sondern dass diese Ausgangsformen in der Tat sekundär in die Thymusanlage hineingeraten sind, um so mehr Licht wird auch in das dunkle Gebiet der partiell quergestreiften Zellen fallen und um so berechtigter eine Auffassung erscheinen, die alle quergestreiften Thymuszellen als Muskelzellen deutet.

IX. Indizien für die Genese der Thymusmyoblasten. Der Einschluss von quergestreiften Muskelfasern in die Selachierthymus.

Es kann nun keinem Zweifel unterliegen, dass für Untersuchungen betreffs der eben aufgeworfenen Frage die Verhältnisse bei Hühnerembryonen recht schwierig liegen. Übereinstimmend mit Pensa habe ich ein Einwachsen von quergestreiften Muskelfasern aus der Umgebung in die Thymus nicht gesehen. Die Beobachtung Pensas, dass zu einer Zeit, in der die Skelettmuskulatur bereits aufs deutlichste Querstreifung zeigt, in der Thymus noch nichts von quergestreiften Elementen zu entdecken ist, kann ich für einen 15tägigen Embryo vollkommen bestätigen. Das erste Auftreten der Spindelzellen finde ich etwas später als Pensa. Erst bei einem 18tägigen Embryo konnte ich schmale, sich mit der Heidenhainschen Eisenhämatoxylinmethode intensiv schwärzende Spindelzellen einzeln zwischen den Thymuselementen entdecken, die ebenso wie die quergestreiften Spindelzellen des 20tägigen Embryos im wesentlichen dem Verlaufe der Gefässe folgten.

Bei einem 30tägigen Entenmischlings-Embryo (Cairina moschata (L.) ♂ — Anas boschas var. dom. L. ♀), den ich der Freundlichkeit von Herrn Privatdozenten Dr. Poll verdanke, fanden sich fast gar keine Zellen, die als hypertrophische Markzellen hätten gedeutet werden können, wohl aber eine grosse Menge quergestreifter schmaler Spindelzellen, die nur selten

einzeln, meist in dichten Zügen zusammenlagen und zwar stets entlang grösserer Blutgefässstämme Diese Lagebeziehung erscheint wichtig, wenn man erwägt, dass das die Gefässe umhüllende Bindegewebe sich in die bindegewebigen Septen fortsetzt, die die einzelnen Thymusläppchen voneinander trennen. Die Untersuchung auf jüngere Entenembryonen auszudehnen war mir zurzeit noch nicht möglich.

Das bisher stets vergeblich gesuchte Einwachsen von Elementen der quergestreiften Muskulatur in die Thymus und damit das gewichtigste Indizium für die hier vertretene Auffassung der quergestreiften Thymuszellen konnte ich — bereits mit dem Schreiben der Arbeit beschäftigt — in der Haifischthymus auffinden. Während P e n s a (6) in seiner ausführlichen Untersuchung über die Entwicklung der Froschthymus zu dem Resultate kam, dass sich ein Myoblastenstrang dicht an die Thymus anlegt, und es für wahrscheinlich hielt, dass die hier schwer von den Thymuszellen unterscheidbaren jungen Myoblasten zum Teil in die Thymus hineingeraten, handelt es sich bei Scyllium canicula Cuv. um einen ausgesprochenen Durchwachsungsprozess von Thymusläppchen und ausgebildeten Muskelfasern. Sowohl in einer Serie eines 7 cm wie eines 6 cm langen Embryos von Scyllium canicula fanden sich Züge quergestreifter Muskelfasern, deren direkte Fortsetzung in die Muskulatur der Umgebung leicht zu beobachten war, an zahlreichen Stellen tief in die bindegewebigen Septen zwischen den Thymusläppchen eingelagert. Es wurde geradezu der Eindruck erweckt, als hätten die Muskelfasern etwa in dem Sinne bei der Gliederung der Thymusanlage in Läppchen mitgewirkt, dass die wachsende Thymus an den Stellen, wo sie auf Muskelzüge stiess, in ihrer Ausbreitung gehemmt wurde, in den Zwischenräumen dagegen sich stärker ausdehnen konnte. Die Thymus eines jungen Postembryonalstadiums von Scyllium stellare (L.) Günth. zeigte nicht wie beim Embryo locker gelagerte, sondern dicht nebeneinander gefügte Läppchen. Als vorläufiges Resultat ergab sich bereits auf den ersten Schnitten an einigen Stellen die Einlagerung quergestreifter Muskelfasern in die schmalen, die Läppchen trennenden Bindegewebssepten. Eine Untersuchung, die diese Befunde genauer verfolgen und sie auf verschiedene Entwicklungsstadien und Gattungen von Selachiern ausdehnen will, ist im Gange.

Die Beobachtung, dass bei Scyllium ein embryonaler Durchwachsungsprozess zwischen Thymusläppchen und Muskulatur zu einem bleibenden Einschluss von Muskelfasern in die Thymus führt, stützt in gewichtiger Weise die Ansicht, dass auch bei Vögeln, Reptilien und Amphibien es sich bei den quergestreiften Thymuszellen um Muskelzellen handelt, die sekundär in die Thymusanlage hineingelangt sind und dass ihre verschiedenen Umwandlungsformen somit als eine Art Sarkolyten aufzufassen sind. Es sei hier darauf hingewiesen, dass auch in Arbeiten über Rhabdomyome (Ribbert [8], Wolfensberger [12] eine ungemeine Polymorphie der die Tumoren zusammensetzenden Zellen betont wird. Es finden sich nebeneinander gänzlich quergestreifte Fasern, Elemente mit partieller Querstreifung und, was hier von besonderem Interesse ist, auch Rundzellen mit konzentrischer Streifung, also zirkulärem Fibrillenverlauf — demnach Formen, die sich aufs beste mit den quergestreiften Thymuszellen vergleichen lassen.

Erscheinen somit die quergestreiften Zellen der Thymus ohne den Nimbus, in wunderbarer Weise muskulär differenzierte entodermale Thymuszellen zu sein, so erweckt doch ihr, wie es scheint, regelmässiges Vorkommen in der Thymus von Vögeln, Reptilien, Amphibien, ihr Nachweis bei dem Teleostier Lophius piscatorius und nun auch bei Selachiern ein hohes Interesse.

Zusammenfassung der gewonnenen Resultate.

1. Die quergestreiften Zellen der Vogelthymus wurden in grösster Menge bei den Hühnervögeln und zwar am reichlichsten beim Fasan (Phasianus colchicus L.) gefunden.

2. Unter den quergestreiften Zellen der Hühnerthymus lassen sich die bandförmigen in ihrer ganzen Ausdehnung regelmässig quergestreiften Zellen (Formen des ersten Typus) aufs beste mit quergestreiften Muskelzellen vergleichen. Ihre Gliederung in Strukturen, die den Querscheiben Qu, den Zwischenscheiben Z, sowie den Aufhellungszonen Quh der Muskelhistologie entsprechen, sodann der Nachweis, dass die Elemente der Querstreifung Teile längs verlaufender Fibrillen sind und öfters in einer für die Myofibrille des Hühnerembryos als charakteristisch beschriebenen Anordnung auftreten (Tetradenfiguren), die Möglichkeit ferner,

die Querstreifung schon im frischen Präparat infolge des regelmässigen Abwechselns von Schichten verschieden starker Lichtbrechung zu sehen, sowie schliesslich der durch Polarisieren erbrachte Nachweis doppelbrechender Substanz in ihnen, sprechen durchaus dafür, dass die bandförmigen quergestreiften Thymuselemente echte Muskelzellen sind.

3. Mit dieser Auffassung stimmt die Tatsache aufs Beste überein, dass sie sich bei älteren Hühner- und Entenembryonen auf Myoblasten ähnliche Gebilde, in ihrer ganzen Ausdehnung quergestreifte Spindelzellen, zurückführen lassen.

4. Ein Einwachsen von quergestreiften Muskelzellen in die Thymus wurde beim Hühnerembryo nicht beobachtet, die quergestreiften Spindelzellen konnten vielmehr nur in diffuser Verteilung in den äusseren Schichten des Thymusmarkes, aber hier oft in paralleler Lagerung zu Blutgefässstämmen neben diesen nachgewiesen werden. Bei einem Entenmischlingsembryo (Cairina moschata (L.) ♂ — Anas boschas var. dom. L. ♀) fanden sich die quergestreiften Spindelzellen in dichten Zügen neben den Gefässen der äusseren Partien des Thymusmarkes und liessen sich bis zu den Stellen, an denen das Bindegewebe der Gefässe in die interlobulären Bindegewebssepta der Thymus übergeht, verfolgen.

5. Bei Selachiern (Embryonen von Scyllium canicula Cuv. von 5 und 6 cm Länge) liess sich das Hineingeraten ausgebildeter quergestreifter Muskelfasern in die bindegewebigen Scheidewände zwischen den Thymuslobuli infolge eines Durchwachsungsprozesses von Muskulatur und Thymusläppchen aufs deutlichste nachweisen, und bei einem jungen Postembryonalstadium von Scyllium stellare (L.) Günth. konnten im Innern der Thymus in die Bindegewebssepten eingeschlossene quergestreifte Muskelfasern beobachtet werden.

6. Weniger klar erscheint die Ableitung der nicht langgestreckten partiell quergestreiften Zellen des zweiten Typus, da sie kontinuierlich in gar nicht im Sinne einer Querstreifung differenzierte Formen übergehen und sich zum Teil auch aus nicht quergestreiften Zellen zu entwickeln scheinen. In der Unmöglichkeit, diese nicht im Sinne einer Querstreifung differenzierten Elemente von „hypertrophischen Markzellen“ abgrenzen zu können, kann bei dem Mangel charakteristischer Merkmale ebensowenig ein Beweis für die Genese der quergestreiften Zellen aus dem

Thymusepithel erblickt werden, wie in dem Bestehen von plasmatischen Verbindungsfäden zwischen quergestreiften und Retikulumzellen. Eine Hypothese, die die partiell quergestreiften Zellen als Myoblasten auffasst, die von vornherein eine sehr geringe Tendenz zur Ausbildung von Myofibrillen haben, erscheint somit berechtigter, zumal auch an den ursprünglich gänzlich quergestreiften Zellen mannigfaltige Rückbildungen und Metamorphosen beobachtet wurden.

7. Mit zunehmendem Alter der untersuchten Exemplare von Gallus domesticus Briss. nehmen alle quergestreiften Zellen immer mehr runde Form an, insbesondere gehen die regelmässig quergestreiften bandförmigen Zellen in runde Zellen mit zirkulärem Verlauf quergestreifter Fibrillen (Zellen des dritten Typus) über. Bei dem ältesten Stadium, einem auf mindestens sechs Jahre geschätzten Hahn, fanden sich von den fraglichen Elementen fast nur grosse Rundzellen mit unregelmässigem Fibrillengitter und ab und zu einem Überrest von Querstreifung.

8. Die ungemein grosse Polymorphie der quergestreiften Thymuszellen entspricht dem an den Elementen der Rhabdomyome beobachteten Verhalten.

Meinem hochverehrten Lehrer, Herrn Geheimrat Prof. Dr. O. Hertwig, der die Anregung zur vorliegenden Untersuchung gab, spreche ich meinen herzlichsten Dank aus für das freundliche Interesse und die wertvolle Unterstützung, die er der Arbeit zu Teil werden liess. Desgleichen bin ich Herrn Prof. R. Krause und Herrn Privatdozenten Dr. Poll zu grossem Danke verpflichtet.

Literaturverzeichnis.

1. Glas, E.: Zur Frage der Sarcolyse. Anat. Anz., Bd. XXVI, 1905.
2. Hammar, J. A.: Zur Histogenese und Involution der Thymusdrüse. Anat. Anz., Bd. XXVII, 1905.
3. Heidenhain, M.: Struktur der kontraktilen Materie. 1. Struktur der quergestreiften Muskelsubstanz. Anatom. Hefte, zweite Abteilung, (Ergebnisse der Anatomie und Entwicklungsgeschichte), Bd. VIII, 1898.
4. Mayer, S.: Zur Lehre von der Schilddrüse und Thymus bei den Amphibien. Anat. Anz., Bd. III, 1888.
5. Pensa, A.: Osservazioni a proposito di una particolarità di struttura del Timo. Nota preventiva. Bolletino della Società medico-chirurgica di Pavia — 18 luglio 1902.
6. Derselbe: Ancora a proposito di una particolarità di struttura del Timo ed osservazioni sullo sviluppo del Timo negli Anfibii Anuri. Bolletino della Società medico-chirurgica di Pavia — 22 Gennaio 1904.
7. Derselbe: Osservazioni sulla struttura del Timo. Anat. Anz., Bd. XXVII, 1905.
8. Ribbert: Zur Kenntnis der Rhabdomyome. Virch. Archiv, Bd. CXXX, 1892.
9. Schaffer, G.: Über den feineren Bau der Thymus und deren Beziehungen zur Blutbildung. Vorläufige Mitteilung. Sitzungsber. d. Math.-Naturw. Klasse d. Kais. Akad. d. Wiss., Bd. CII, Abt. III, Wien 1893.
10. Schlater, G.: Histologische Untersuchungen über das Muskelgewebe. 1. Die Myofibrille des Hühnerembryos. Arch. f. mikr. Anat. u. Entwickl., Bd. LXVI, 1905.
11. Schuberg: Untersuchungen über Zellverbindungen. Zeitschr. f. wiss. Zool., Bd. LXXIV, 1903.
12. Wolfensberger: Rhabdomyom der Speiseröhre. Beitr. von Ziegler, Bd. XV, 1894.

Figurenerklärung der Tafel.

Die Figuren wurden mit dem Abbéschen Zeichenapparat in der Höhe des Objekttisches unter Benutzung von Leitz hom. Imm. $^1/_{12}$, Ocular III, gezeichnet. Die Vergrösserung ist für sämtliche Figuren die gleiche 1100 : 1. Die Ausführung erfolgte unter Mithülfe von Fräulein M. Techow.

Die in Fig. 1—4 dargestellten Zellen entstammen der Thymus eines drei Wochen alten Hühnchens.

Fig. 1 stellt eine regelmässig quergestreifte bandförmige Zelle dar (I. Typus), die eine deutliche Gliederung in Quer- und Zwischenscheiben und an einigen Stellen auch in den Querscheiben die Aufhellungszonen aufweist. Bei k der Kern der Zelle, der von einer Schicht undifferenzierten Plasmas umgeben ist. h eine gleichfalls in die Gruppe der quergestreiften Elemente gehörige Zelle, deren spezielle Plasmastruktur

aber infolge starken Differenzierens der Heidenhainschen Eisenhämatoxylinfärbung nicht deutlich zu sehen ist. Bei e ist unter die die quergestreifte Zelle umgebenden Thymusmarkzellen eine Gruppe eosinophiler Zellen eingelagert. Fixation Tellyesniczkysche Flüssigkeit.

Fig. 2 stellt, wie die Schnittserie ergibt, eine partiell quergestreifte Zelle vom II. Typus dar. Der Kern ist in dem abgebildeten Schnitt nicht getroffen. Fixation Flemmingsche Flüssigkeit. Färbung Eisenhämatoxylin nach Heidenhain.

Fig. 3 veranschaulicht eine zweikernige Zelle z von feinfädiger Struktur, die als „hypertrophische Markzelle“ aufgefasst werden kann. In ihrer Nähe liegt bei s ein im wesentlichen parallelfaseriger Strang mit aufgelockerten Fibrillen und undeutlicher Abgrenzung — ein Bild, wie es ähnlich als letztes Produkt der Degeneration der bandförmigen quergestreiften Zellen beobachtet wurde. Fixation und Färbung wie bei der in Fig. 2 abgebildeten Zelle.

Fig. 4 stellt eine Übergangszelle vom I. zum III. Typus dar, da die in Quer- und an einigen Stellen auch in Zwischenscheiben gegliederten Fibrillen links in paralleler, rechts in zirkulärer Anordnung verlaufen. Durch paarweise Zusammenordnung der Fibrillen und Differenzierung der Aufhellungszonen in den Querscheiben entstehen an verschiedenen Stellen, so bei t, Tetradenfiguren. Ein zu der Zelle gehöriger Kern ist in dem Schnitt nicht getroffen. In grosser Menge sind protoplasmatische Verbindungsfäden zwischen der quergestreiften Zelle und den angrenzenden Zellen des Markretikulums zu sehen. Fixation Tellyesniczkysche Flüssigkeit. Färbung Eisenhämatoxylin nach Heidenhain.

Fig. 5 stellt vier Zellen mit unregelmässiger Einlagerung von Fädchen und Körnchen aus der Thymus eines sechsjährigen Hahnes dar, von denen die eine bei qu noch einen Überrest der Querstreifung (regelmässige Folge glänzender Scheibchen) erkennen lässt. Fixation Flemmingsche Flüssigkeit. Färbung Eisenhämatoxylin nach Heidenhain.

Thesen.

I.

Zur Erklärung der im Kindesalter vorkommenden plötzlichen Todesfälle, bei denen sich eine auffallend große Thymus findet, kann die Annahme einer plötzlichen Vergrößerung der Thymus nicht herangezogen werden.

II.

Die Erforschung des geistigen Lebens der Naturvölker ist für die vergleichende Völkerpsychologie von hohem Werte.

III.

Die Ansicht, daß die Hörbläschen der wirbellosen Tiere ausschließlich Organe des Gleichgewichtssinnes sind, kann nach den neueren Forschungen über das Hören der Fische nicht aufrecht erhalten werden.

Lebenslauf.

Am 18. März 1882 wurde ich, Richard Weissenberg, jüdischer Religion, als Sohn des prakt. Arztes Dr. med. Joseph Weissenberg zu Breslau geboren. Die wissenschaftliche Vorbildung erhielt ich auf dem Prinz Heinrichs-Gymnasium zu Schöneberg-Berlin, das ich Ostern 1900 mit dem Zeugnis der Reife verließ. Ich wandte mich dem Studium der Medizin zu, und zwar studierte ich das erste Semester in Freiburg i. Br., dann in Berlin. Hier bestand ich am 26. Februar 1902 die ärztliche Vorprüfung, am 10. Mai 1905 die ärztliche Staatsprüfung. Das praktische Jahr absolvierte ich am anatomisch-biologischen Institut der Universität Berlin, bis ich am 23. November 1905 die Approbation als Arzt erhielt. Seit dem 1. April 1906 bin ich Assistent am anatomisch-biologischen Institut.

Allen meinen hochverehrten Lehrern spreche ich meinen ergebensten Dank aus.